

Vorrichtung und Verfahren für die Bestimmung einer zulässigen Bestrahlung der menschlichen Haut mit UV-Strahlung

5

**Beschreibung:**

Die Erfindung betrifft Messvorrichtungen und ein Verfahren für die Bestimmung der zulässigen Bestrahlungsdauer und/oder 10 Bestrahlungsdosis der menschlichen Haut mit UV-Strahlung, insbesondere im Hinblick auf die Nutzung von Sonnenbänken in Sonnenstudios, aber auch für die Vorbereitung bspw. eines Urlaubs in einem Hochgebirge, in südlich gelegenen Ländern und dergleichen mehr.

15

Viele Menschen sind sich nicht bewusst, dass die Haut bereits an einem verlängerten Wochenende oder an einem einzigen Tag übertriebener Sonnenexposition oft schwerwiegende, irreversible Schädigungen erleiden kann. Insbesondere sind 20 Personen mit winterblasser Haut auch im mitteleuropäischen Sommer in einem hohen Maß gefährdet.

Um einer Schädigung der Haut bspw. in Form eines Sonnenbrandes vorzubeugen, wird vielfach empfohlen, vor einem 25 Urlaub oder einer Reise ein Sonnenstudio aufzusuchen und die Haut durch Bestrahlung auf einer Sonnenbank mit insbesondere einem Licht mit einem hohen UV-Strahlungsanteil an eine derartige Bestrahlung zu gewöhnen, wobei die Haut durch Bräunung einen natürlichen Schutz vor der UV-Strahlung 30 entwickelt.

Neben dieser Schutzfunktion empfinden viele Menschen eine Bräunung auch als ästhetisch, weshalb sie auch ohne zwingenden Grund Sonnenstudios aufsuchen.

35

Bei der für die Bräunung verantwortlichen UV-Strahlung der Sonne oder einer Sonnenbank wird üblicherweise eine UV-A-Strahlung einer Wellenlänge von 315 (320)-380 (400) nm, eine UV-B-Strahlung einer Wellenlänge von 280-315 (320) nm sowie einer UV-C-Strahlung einer Wellenlänge von 100-280 nm unterschieden.

Die UV-A-Strahlung dunkelt in der Haut vorhandene, ungefärbte Melanin vorstufen, Dopamine, regt die Reparatur ultraviolett induzierter Nukleinsäureschäden an, Leight-Repair, und leitet die Lichterholung ein, Photorecovery. Andererseits werden jedoch die biologischen Schadefekte der UV-B-Strahlung intensiviert.

Die UV-A-Strahlung, die vielfach auch in eine UV-A1-Strahlung einer Wellenlänge zwischen 340 nm und 400 nm und einer UV-A2-Strahlung einer Wellenlänge zwischen 315 nm und 340 nm unterschieden wird, ist für die chronische Schädigung des Hautbindegewebes verantwortlich, bspw. einer Elastose oder sog. Altershaut mit erhöhter Faltenbildung. Darüber hinaus führt UV-A-Strahlung aufgrund von Wechselwirkungen mit krankhaften Stoffwechselprodukten und bestimmten Pharmaka zu Photodermatosen und fotodynamischen Reaktionen.

Der kurzwellige Anteil der UV-A2-Strahlung trägt zu den akuten und zu den chronischen Schadwirkungen bei. Der längerwellige Anteil der UV-A1-Strahlung verursacht hingegen kaum Schädigungen der Nukleinsäure oder des Hautbindegewebes. Bei einer kosmetischen Bräunung sollte von daher nicht nur UV-B-Strahlung in äußerst wohldosierter Form verabreicht werden, sondern es sollte auch eine Kennzeichnung des UV-A2-Strahlungsanteils erfolgen, um auf die Gefährlichkeit eines Strahlers hinzuweisen.

Die UV-B-Strahlung verursacht den Sonnenbrand, fördert die Pigmentbindung und führt zur Ausbildung einer Lichtschwiele, ein natürlicher Abwehrmechanismus der Haut gegenüber einer UV-Bestrahlung. UV-B-Strahlung in unkontrollierter und übererhöhter Dosis führt jedoch weiter zu chronischen Lichtschäden der Oberhaut bis hin zu Sonnenkarzinomen. Damit ist aus dermatologischer und erscheinungsmedizinischer Sicht die mittelwellige Ultraviolett-Strahlung UV-B aus den verschiedenen Gründen problematisch.

10

Erstens führt sie zu einem Sonnenbrand, wenn die Erythemschwelle, die Schwelle für die Auslösung einer Rötung der Haut, überschritten wird. Weiter führen wiederholte Überlastungen der Haut mit UV-B-Strahlung auch ohne Sonnenbrand zu chronischen Lichtschäden wie einer Frühalterung der Haut, Präkanzerosen oder gar Hautkrebs. Bereits bei Erreichen von 60% der Erythemschwelle ist der chronische Lichtschaden sicher. Die geringste UV-B-Dosis, die gerade noch zu einer Rötung, der Erythemschwelle, führt, ist individuell verschieden. So ist neben einer starken Abhängigkeit vom Pigmentierungstyp auch der Grad der aufgebauten Lichtschwiele, der natürlichen Abwehr der Haut gegenüber der UV-Strahlung, ausschlaggebend.

25

Die UV-C-Strahlung ist hier von keiner entscheidenden Bedeutung, da bekannte UV-Strahlungsquellen, wie sie in Sonnenstudios oder dergleichen Verwendung finden, einen solchen Strahlungsanteil nicht aufweisen.

30

Die Individualität der natürlichen Abwehr der Haut gegenüber der UV-Strahlung begründet die Schwierigkeiten, die maximale Strahlendosis und/oder die maximale Bestrahlungsdauer eines Probanden zu ermitteln, bei denen negative gesundheitliche Folgen sicher ausgeschlossen werden können. Für die Festlegung dieser Maximalwerte stehen ausschließlich

phänomenologische Kriterien zur Verfügung, die sogenannte Foto- oder Hauttypenbestimmung, bei der aufgrund einer visuelle Beurteilung des Probanden nach der Farbe der Augen, der Haare, der Anzahl der Sommersprossen, der Farbe des 5 natürlichen Teints und der Brustwarzen sowie der Hautreaktion in der Sonne eine Klassifizierung in vier, manchmal in fünf Fototypen erfolgt, welche Klassifizierung dann als ein Maß einer zulässigen Obergrenze einer Schwellenbestrahlung herangezogen wird. So wird bspw. für die Bestimmung der 10 Höchstbestrahltdauer die erythemwirksame Schwellenbestrahlung von 250 J/m<sup>2</sup> für den Fototyp II, 350 J/m<sup>2</sup> für den Fototyp III und 450 J/m<sup>2</sup> für den Fototyp IV weitgehend willkürlich festgelegt. Neben einer nicht verifizierbaren Klassifizierung 15 in lediglich vier oder fünf Fototypen bleibt darüber hinaus die Berücksichtigung der natürlichen, individuellen Lichtschwiele völlig außer acht.

Neben dieser im Wesentlichen willkürlichen Einteilung der 20 Probanden in Fototypen und einer daraus resultierenden Empfehlung für die max. UV-Strahlendosis und die max. Bestrahlungsdauer sind die physikalischen Eigenschaften des 25 UV-Strahlers, unabhängig davon, ob dies die Sonne oder eine Sonnenbank oder dergleichen ist, von entscheidender Bedeutung für die Festlegung eines Maßes für die maximale Bestrahlungsdauer oder eine Schwellendosis. So ist die natürliche UV-Strahlung abhängig vom Ort, von der Tageszeit, von der Bewölkung und dergleichen mehr.

Basierend auf der Einteilung in Fototypen sind zulässige 30 Strahlendosen von UV-Bestrahlungsgeräten lediglich durch Richtlinien bspw. der FDA (Food and Drug Administration) in den USA oder der EU-Kommission in Europa festgelegt. Für die künstlichen UV-Strahler wird durch die Strahlenschutz-Kommission bspw. in Deutschland weiter 35 vorgeschrieben, dass von Fachpersonal betriebene und

beaufsichtigte Geräte in ihrer Wirkungsebene eine erythemwirksame Bestrahlungsstärke Eer von  $0,3 \text{ W/m}^2$  entsprechend einem Sonnenerythemfaktor von 1 nicht überschreiten dürfen. Ebenso darf die gesamte 5 Bestrahlungsstärke von  $1200 \text{ W/m}^2$  in der Wirkungsebene nicht überschritten werden.

Abhängig von dieser Norm ergibt sich dann bspw. eine maximale Bestrahlungsdauer von 8,33 Minuten für einen Probanden des 10 Fototyps II aus der Division der erythemwirksamen Schwellenbestrahlung von  $250 \text{ J/m}^2$  und der max. Bestrahlungsstärke Eer von  $0,3 \text{ W/m}^2$ .

Eine exakte Bestimmung von Zeit und Intensität einer 15 UV-Bestrahlung bei einer ausgebildeten Lichtschwiele, aufgetragenen Sonnenschutzmitteln, Kosmetika oder dergleichen ist praktisch jedoch nicht möglich.

Durch diese im wesentlichen empirischen Vorgaben wird weiter 20 in keiner Weise der Änderung insbesondere künstlicher UV-Strahler Rechnung getragen, bspw. einer Alterung oder dem Austausch von Röhren, den Temperaturschwankungen, hervorgerufen durch die gesamte Bestrahlungsdauer einer Sonnenbank, und dergleichen mehr. Darüber hinaus ändert sich 25 auch bei der sachgemäßen Nutzung und der Reinigung von Sonnenbänken oder dergleichen bspw. das Reflektionsverhalten wie auch die UV-Emission durch Aushärtung von bspw. Acrylabdeckscheiben, so dass kaum davon ausgegangen werden kann, dass die Herstellerangaben betreffend das Spektrum und 30 die Strahlungsleistung bspw. einer Sonnenbank auch zutreffend sind.

Der Stand der Technik für die Bestimmung der 35 Photosensibilität der Haut beschränkt sich auf Vorrichtungen zur Farbbestimmung, die unter Bezeichnungen wie Chromameter

oder Mexameter bekannt sind. Diese Vorrichtungen verwenden optisch sichtbare Strahlungen, bspw. weißes RGB-Licht oder spektral untergliederte Strahlungen im roten, grünen, gelben oder blauen Spektralbereich. Da in diesen Wellenbereichen jedoch der Streukoeffizient  $\mu_s$  größer als der Absorptionskoeffizient  $\mu_a$  der Haut ist, vergleiche Fig. 3, kann lediglich eine direkte Reflektion an der Haut vermessen werden, da das Maß der oberflächig reflektierte Strahlung stets höher ist als das der absorbierten. Von daher sind solche Geräte nicht geeignet, Hinweise auf eine Beschränkung einer UV-Strahlendosis oder der Bestrahlungsdauer für einen Probanden zu geben.

Vor diesem technischen Hintergrund macht die Erfindung es sich zur Aufgabe, Vorrichtungen und Verfahren zur Verfügung zu stellen, die verifizierbare und reproduzierbare Aussagen hinsichtlich der maximalen Strahlendosis und/oder der maximalen Bestrahlungsdauer eines Probanden mit einem UV-Strahler erlauben.

Solches vermag eine Vorrichtung für die Bestimmung der zulässigen Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis der menschlichen Haut mit UV-Strahlung zu leisten, die wenigstens einen UV-Strahler für die Abgabe einer UV-Strahlung, wenigstens einen UV-Sensor für die Aufnahme der in und/oder an der Haut remittierten UV-Strahlung und eine Auswertevorrichtung für die Bestimmung der Strahlungsabsorption aufweist.

Hierzu ist der UV-Strahler derart ausgebildet, dass er bevorzugt lokal die menschliche Haut bestrahlt, bspw. ausgebildet durch eine eine UV-Strahlung abgebende Diode. Alternativ kann die UV-Strahlung einer Sonnenbank oder dergleichen herangezogen werden, wenn über bspw. einen Lichtwellenleiter, ggf. mit geeigneten Filtervorrichtungen,

die abgegebene Strahlung an die Haut eines Probanden geleitet wird.

Die in die Haut eingedrungene, dort gestreute und danach remittierte UV-Strahlung wird von dem UV-Sensor empfangen und es kann von einer Auswertevorrichtung dann die Strahlungsabsorption ermittelt werden. Bezeichnenderweise erfolgt die Absorbierung der aufgebrachten UV-Strahlung in der Haut genau an der Stelle bzw. in den Hautschichten, die für eine natürliche Ausbildung einer Lichtschwiele wesentlich sind, wodurch insbesondere die Dichte bzw. die Dicke der Schicht der Melaningranula und die der Schicht der von Keratinozythen aufgenommenen Melanosomen bestimmbar wird.

Entsprechend dem Remissionsgrad, bspw. angesetzt zwischen 0% und 100%, kann dieser Skalierung ein Raster der zulässigen Schwellendosis hinterlegt und exakt eine Schwellendosis entsprechend einer jeden Messung reproduzierbar zugeordnet werden.

Im Vergleich zu der bisherigen Einteilung in lediglich vier oder fünf Fototypen durch eine Inaugenscheinnahme durch ein lediglich angelerntes Bedienpersonal erlaubt die Vorrichtung nach der Erfindung eine sehr viel feinere Auflösung, bspw. zwischen 1 und 10000, und ist das Messergebnis insbesondere reproduzierbar und unabhängig von subjektiven Einschätzungen. Darüber hinaus erfolgt die Herleitung der Schwellendosis in Anlehnung an die Quantität der verfügbaren Melaningranula bzw. Melanosomen und kann damit deutlich unter einer Erythembildung gehalten werden.

Für eine ausreichende Qualität der Messung und der Bestimmung der Strahlungsabsorption durch eine Auswertevorrichtung hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn der UV-Strahler eine

UV-Strahlung abgibt, bei der ein Absorptionskoeffizient  $\mu_a$  größer oder gleich ist einem Streukoeffizient  $\mu_s$ .

Hierzu wird weiter vorgesehen sein, dass der UV-Strahler eine UV-Strahlung einer Wellenlänge kleiner als der Durchmesser eines Zellkerns abstrahlt. Infolge dessen erfolgt eine radiale Streuung, eine Rayleigh-Streuung im Zellgewebe an bspw. Kollagenfibrillen, Supramolekülen oder Zellmembranen, womit eine exakte Dicke und Dichte einer Zellschicht wie die der Melaningranula aus der Remission herleitbar ist.

Infolge dieser Maßnahme erfolgt eine exakte Bestimmung der Absorption an einer Lichtschwiele, da bei größeren Wellenlängen, entsprechend den bekannten Vorrichtungen, im sichtbaren Bereich des Lichtes eine vorwärts bzw. vorwärts und rückwärts ausgerichtete Streuung an Mie-Streuern auftritt, bspw. an Zellkernen, Mitochondrien oder Organellen, wodurch eine Ermittlung einer Lichtschwiele äußerst problematisch ist, da schon durch die Beschaffenheit der Hautoberfläche selbst, applizierte Kosmetika, Durchblutungsschwankungen und dergleichen mehr zu erheblichen Abweichungen der Messergebnisse untereinander führen.

Sind der Absorptionskoeffizient  $\mu_s$  und der Streukoeffizient  $\mu_a$  gleich, kann in einfacher Weise eine UV-empfindliche Haut gegenüber einer weniger empfindlichen erkannt werden. Überwiegt die Streuung, so ist die Haut empfindlich, überwiegt die Absorption, so liegt ein wenig empfindlicher Hauttyp vor. Weiter kann, indirekt, eine Bestimmung der Größe und der Ausbildung und Dichte der Melanosomen vorgenommen werden. Die Melanosomen mit ihrer kappenförmigen Ausbildung weisen durchschnittlich eine Kantenlänge von ca. 350 nm auf. Ist nun die Kantenlänge geringer, erfolgt eine Streuung an den Melanosomen stark vorwärts und stark rückwärts. Infolge wird ein Grossteil der Messstrahlung reflektiert und von dem

UV-Sensor erfasst. Beträgt die Kantenlänge ca. 350 nm erfolgt an den Melanosomen eine stark radial ausgeprägte Streuung der UV-Strahlung, die hierdurch auch auf benachbarte Zellen und Melanosomen auftrifft, womit die Absorption überwiegt. Bei 5 größeren Kantenlängen der Melanosomen erfolgt zwar wieder eine stark vorwärts und rückwärts ausgeprägte Streuung, aber ein Großteil der auftreffenden UV-Strahlung wird durch die Melanosomen absorbiert und überwiegt infolgedessen die Absorption.

10

Geeignete UV-Strahler sind bevorzugt solche, die eine UV-Strahlung einer Wellenlänge von 345 nm bis 355 nm ausstrahlen, insbesondere von 350 nm. Bei dem letztgenannten Wert beträgt der Absorptionskoeffizient  $\mu_a$  12,3  $\text{cm}^{-1}$  und der Streukoeffizient  $\mu_s$  12,5  $\text{cm}^{-1}$ , womit diese Koeffizienten nahe zu gleich sind, aber die Absorption geringfügig noch überwiegt. Dazu darf bereits hier auf die Fig. 1 verwiesen werden.

20

Zweckmäßigerweise kann vorgesehen sein, dass der wenigstens eine UV-Strahler und/oder der wenigstens eine UV-Sensor in einem Gehäuse eines Hand-Messgerätes angeordnet ist bzw. sind. Bevorzugt wird hierbei eine Anordnung sowohl des UV-Strahlers als auch des UV-Sensors in einem gemeinsamen Gehäuse, womit ein von einer weiteren Strahlungsquelle unabhängiges Messgerät zur Verfügung gestellt wird. Alternativ kann jedoch auch als Strahlungsquelle die einer Sonnenbank oder dergleichen dienen.

25

In konstruktiver Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass das Gehäuse eine Auflagefläche für das Auflegen auf die Haut eines Probanden aufweist und dass der UV-Strahler und der UV-Sensor unter einem Winkel zu einander angeordnet sind derart, dass eine Reflektion eines Strahls auf den optischen Achsen des UV-Strahlers und des UV-Sensors in einer

Eindringtiefe von bis zu 1 mm unterhalb der Auflagefläche erfolgt. Infolge dieser Maßnahme wird eine Remission der UV-Bestrahlung von dem UV-Sensor wieder aufgenommen, die die Ausbildung einer Lichtschwiele in den entscheidenden

5 Hautschichten wieder spiegelt, insbesondere die, in denen Melanine gebildet werden bzw. die, die Vorstufe Dopamine enthalten, sowie die der Melaningranula und die der oxidierten Melanine.

10 Für Sonnenstudios oder dergleichen ist eine derartige, festgelegte Eindringtiefe völlig ausreichend, insbesondere auch dann, wenn ein Mittelwert aus mehreren Messungen gebildet wird. Bei speziellen Anwendungen, bspw. bei der Lichttherapie, kann in konstruktiver Ausgestaltung jedoch 15 auch vorgesehen sein, dass die Eindringtiefe einstellbar ist. Es können dann individuell an einem vorgegebenen Ort in äußerst exakter Weise die genannten drei Schichten der Haut jeweils gesondert vermessen und das jeweilige Absorptionsvermögen ermittelt werden.

20 In konstruktiver Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die optischen Achsen des UV-Strahlers und des UV-Sensors einen Winkel  $\alpha$  zwischen  $70^\circ$  und  $110^\circ$  aufspannen, wobei durch ein 25 Einstellen des Winkels  $\alpha$  eine Variation der Eindringtiefe erfolgen kann. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Höhe und/oder der Abstand des UV-Strahlers und des UV-Sensors über der Auflagefläche für eine Variation der Eindringtiefe einstellbar ist.

30 Da die Ausbildung einer Lichtschwiele über die Gesamtfläche der Haut nicht gleichmäßig erfolgt, bspw. in der regelmäßig der Sonnenbestrahlung ausgesetzten Bereichen der Haut deutlich anders ist als in den Bereichen, die zumeist von Kleidungsstücken überdeckt sind, hat es sich als zweckmäßig 35 erwiesen, wenn aus mehreren Messungen, bspw. drei Messungen,

ein Mittelwert gebildet wird, wozu zweckmäßigerweise die Vorrichtung eine Rechnereinheit aufweist. Diese kann dann weiter einer Messung und/oder wird bevorzugt dem Mittelwert aus mehreren Messungen eine Schwellendosis zuordnen. Solches

5 wird immer dann zweckmäßig sein, wenn eine einzelne UV-Strahlungsquelle Verwendung findet.

Um auch dem Unsicherheitsfaktor UV-Strahler gerecht zu werden, kann weiter vorgesehen sein, dass in einem

10 elektronischen Speicher der Anteil der erythemwirksamen UV-Strahlungsstärke einer Strahlungsquelle abgespeichert ist und dass die Rechnereinheit die maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis berechnet. Solche Daten der erythemwirksamen UV-Strahlungsstärke können durch eine

15 spektrale Vermessung der Strahlungsquelle durch deren Hersteller bspw. zur Verfügung gestellt werden.

In weiterer konstruktiver Ausgestaltung ist ein Interface vorgesehen, über das individuelle Daten eines Probanden

20 abgespeichert und aufgerufen werden können. Ein solches Interface kann eine Chipkarten-Schreibe- und/oder Lesevorrichtung sein, welches auf einer Chipkarte dann die individuelle maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis bspw. abspeichern kann, welche Daten dann wiederum von einer Steuereinheit einer Strahlungsquelle

25 ausgelesen werden kann, die dann automatisch auf die richtige, maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis einstellt wird. Alternativ ist ein solches Interface als USB- oder als RS-232-Schnittstelle auslegbar,

30 so dass unmittelbar oder über einen Zentralrechner über entsprechende Kabelanschlüsse wenigstens eine Strahlungsquelle auch angesteuert werden kann. Kabellose Netzwerke gemäß des Standes der Technik können ebenfalls für eine solche Datenübertragung Verwendung finden.

Es können problemlos dabei auch unterschiedliche Körperbereiche eines Probanden unterschieden werden, bspw. Rumpf und Gesicht, wenn beide Bereiche gesondert vermessen werden und bspw. eine Sonnenbank über unabhängig voneinander steuer- bzw. regelbare UV-Strahler verfügt. Dabei kann insbesondere weiter daran gedacht sein, dass durch eine unterschiedliche Bestrahlungsleistung eine für hier beispielhaft beide Strahlungsquellen gleichlange Bestrahlungszeiten erreicht werden.

10

Sollen die physikalische Änderungen der UV-Strahlungsquelle auch berücksichtigt werden oder bspw. bei einer Sonnenbank unterschiedliche Verteilungen von UV-Strahlung über die Länge derselben, ist eine Vorrichtung zweckmäßig, insbesondere in einer Kombination mit den voran stehend beschriebenen Merkmalen, bei der ein Gehäuse zwei Paare von UV-Aufnehmern aufweist, wobei bei jedem Paar die UV-Aufnehmer entgegengesetzt orientiert sind und die beiden Paare um 90° gegeneinander verdreht angeordnet sind. Infolge dieser Maßnahme ist die UV-Strahlung in dem Bräunungstunnel bspw. einer Sonnenbank von allen Seiten über einen Kreisbogen von 360° vermeßbar. Durchgeführt durch den Bräunungstunnel einer Sonnenbank kann die UV-Strahlung weiter lokal vermessen werden, so dass bspw. im Kopf-, im Nacken- und im Beinbereich unterschiedliche Strahlungsdosen bzw. Bestrahlungszeiten in Verbindung mit den entsprechenden Hautmessungen problemlos berücksichtigt werden können.

25  
30

In konstruktiver Ausgestaltung kann vorgesehen sein, die UV-Aufnehmer unmittelbar als UV-Sensoren auszubilden, bevorzugt wird jedoch, dass die UV-Aufnehmer durch freie Enden von Lichtwellenleitern ausgebildet werden. Zum einen dämpfen Lichtwellenleiter das aufgenommene Spektrum und zum anderen ist es hierdurch möglich, Lichtwellenleiter auf einem

gemeinsamen, zweiten UV-Sensor enden zu lassen, insbesondere alle vier Lichtwellenleiter.

5 Jedoch kann einem freien Ende eines Lichtwellenleiters eine Filtermimik zugeordnet sein, wobei insbesondere an eine solche gedacht ist, durch die die spektrale Gewichtung des verwendeten UV-Strahlers der Erythremawirkkurve angepasst wird. Dabei wird der kurzwellige Anteil der remittierten Strahlung eine höhere Reflektion am Eingang des  
10 Lichtwellenleiters erfahren als der langwellige und der langwellige Anteil darüber hinaus eine verbesserte Transmission.

15 Es kann vorgesehen sein, dass der zweite UV-Sensor eine lineare Kennlinie über das erythemwirksame Spektrum aufweist.

20 Alternativ und bevorzugt wird jedoch eine Kennlinie des zweiten UV-Sensors, die dem erythemwirksamen Spektrum entspricht.

25 In beiden Fällen wird bevorzugt auch wieder daran gedacht, eine Referenzwellenlänge von 350 nm vorzusehen, da eine Vielzahl der in Rede stehenden UV-Strahler im Bereich dieser Wellenlänge ein Emissionsmaximum aufweisen. Emissionsmaxima von 360 nm bis 370 nm beeinflussen den Messwert bei 350 nm kaum, da diese Spitzen maximal 20% höher liegen als der Emissionswert bei 350 nm. Dem steht nicht entgegen, mehrere Messbereiche gem. der eingangs angesprochenen Untergliederung des UV-Spektralbereichs vorzusehen.

30 Zweckmäßigerweise entspricht der Abstand eines Paares der UV-Aufnehmer der Höhe eines menschlichen Körpers auf einer Sonnenbank, einem Abstand etwa zwischen 20 cm und 35 cm. Es kann dann in einfacher Weise die Vorrichtung nach der  
35 Erfindung für eine oder bevorzugt für mehrere Messungen auf

die Auflage einer Sonnenbank aufgesetzt und durch den Bräunungstunnel geschoben werden, wobei ein exakter Abstand zu unteren und oberen Strahlungsquellen gegeben ist.

5 Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung über eine Abstandsmessvorrichtung verfügt, bspw. auf Ultraschalbasis. Auch infolge dieser Maßnahme wird exakt im Bereich des Auftreffens der UV-Strahlung auf den Körper eines Probanden der UV-Strahlungsquelle vermessen.

10 Auch kann in weiterer Ausgestaltung ein Temperatursensor vorgesehen sein, so dass auch eine Temperaturkompensation möglich ist. In Weiterbildung der Erfindung kann dann auch durch den Temperatursensor gesteuert die Vermessung des bzw. 15 der UV-Strahler erfolgen, wenn deren Brennwandtemperatur bspw. nach einem Einschalten einen optimalen Wert erreicht hat, der dem bei einer Bestrahlung eines Probanden entspricht.

20 Daten aus der Vermessung bspw. einer Sonnenbank werden zweckmäßigerweise in einer zugeordneten elektronischen Datenbank hinterlegt, womit von der Rechnereinheit aus den individuellen Daten des Probanden aus einer Vermessung der Haut und der UV-Strahlungsquelle aus einer Vermessung 25 derselben die individuelle, maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis berechnet werden kann und über entsprechende Interfaces auch die UV-Bestrahlungsquelle(n) unmittelbar angesteuert wird bzw. werden bis hin zu einer automatischen Abschaltung bei Erreichen der Schwellendosis. 30 Eine Überdosierung einer UV-Bestrahlung ist damit weitestgehend ausgeschlossen.

35 Entsprechend wird bei einem Verfahren für die Bestimmung der zulässigen Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis der menschlichen Haut mit UV-Strahlung, vorzugsweise unter

Verwendung einer der voran stehend beschriebenen Vorrichtungen, auf eine individuelle Vermessung der Absorption der erythemwirksamen UV-Strahlung in einer eine Lichtschwiele ausbildenden Schicht der Haut eines Probanden und die Zuordnung eines Schwellenwertes einer UV-Bestrahlung abgestellt. Diese Bestrahlung kann mittels einer direkten UV-Bestrahlung bspw. mittels einer UV-Diode oder auch über einen Lichtwellenleiter erfolgen. Eine Bestrahlungsalternative bietet die Fluoreszenzphotometrie.

10

Zweckmäßigerweise wird aus mehreren Einzelmessungen von einer Rechnereinheit ein Mittelwert gebildet, dem eine Schwellendosis weiter zugeordnet wird.

15

Bevorzugt erfolgen bspw. drei Einzelmessungen an verschiedenen Orten der Haut, um lokale Unterschiede der Haut zu berücksichtigen.

20

Es kann auch vorgesehen sein, dass Einzelmessungen in verschiedenen Hauttiefen erfolgen, um die Lichtschwiele in bestimmten Hautschichten zu ermitteln.

25

Aus dem Schwellenwert und den hinterlegten Daten einer UV-Strahlungsquelle, bspw. einem Datenblatt entnommen, bevorzugt aus einer direkten Vermessung, wird dann von der Rechnereinheit noch eine maximale Bestrahlungsdauer bzw. Bestrahlungsdosis ermittelt.

30

In vorteilhafter Weise kann das Verfahren nach der Erfindung auch während einer Besonnung eines Probanden Anwendung finden. Gleichsam in time werden sowohl die Änderungen der UV-Strahlungsquelle(n) und der Haut eines Probanden überwacht und erfolgt eine Endabschaltung dieser UV-Strahlungsquelle(n) bei einer Erschöpfung der UV-Abwehr.

35

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert, in der lediglich schematisch ein Ausführungsbeispiel und Diagramme dargestellt sind. In der Zeichnung zeigt:

5 Fig. 1 in einem Diagramm gestrichelt den Streukoeffizienten  $\mu_s$  und den Absorptionskoeffizienten  $\mu_a$  über der in Nanometern angegebenen Wellenlänge,

10 Fig. 2 ein Diagramm zur Veranschaulichung der Remission,

Fig. 3 eine Vorrichtung nach der Erfindung zur Bestimmung der UV-Absorption der Haut und der Vermessung eines UV-Strahlers,

15 Fig. 4 im Detail die Anordnung eines UV-Strahlers und eines UV-Sensors der Vorrichtung nach Fig. 3 und

Fig. 5 einen Schnitt durch das freie Ende eines  
20 Lichtwellenleiters.

Figur 1 zeigt durchgezogen den Absorptionskoeffizienten  $\mu_a$  der Dimension 1/cm und des Streukoeffizienten  $\mu_s$  der Dimension 1/cm über der Wellenlänge des Lichtes in Nanometer.

25 Der Absorptionskoeffizient  $\mu_a$  weist im blauen Bereich bei etwa 400 Nanometer sowie im grünen Bereich bei etwa 550 Nanometer relative Maxima auf.

In dem Wellenlängenbereich von 400 Nanometer ist die  
30 Absorption durch das Hämoglobin begründet, mithin in derartig tief liegenden Hautschichten, die keinerlei Aussage über eine Lichtschwiele für den UV-Bereich zulassen. Insbesondere kommt es bei einer Bestrahlung der Haut mit Licht im sichtbaren Bereich zu einer Streuung an Mie-Streuern, die im  
35 Wesentlichen vorwärts oder vorwärts und rückwärts

ausgerichtet streuen. Dies aufgrund der größeren Wellenlänge des sichtbaren Lichts gegenüber den Abmessungen der absorbierenden Strukturen wie Zellkernen, Mitochondrien oder Organellen. Infolge dessen könnte bekannte Vorrichtungen, die 5 mit sichtbarem Licht arbeiten, lediglich eine Reflektion erfassen. Ein Rückschluss auf die Stärke einer Lichtschwiele ist hierbei nicht möglich, da schon durch die Beschaffenheit der Hautoberfläche selbst, applizierte Kosmetika Durchblutungsschwankungen und vieles andere mehr derartige 10 Messergebnisse erheblich verfälscht werden, was durch große Tolleranzen und überdimensionierte Messfenster der bekannten Vorrichtungen ausgeglichen wird.

Gemäß der Erfindung ist für die Bestimmung der zulässigen 15 Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis eine UV-Strahlung vorgesehen, die bevorzugt eine Wellenlänge zwischen 345 Nanometer bis 355 Nanometer und insbesondere eine Wellenlänge von 350 Nanometer aufweist. Figur 1 zeigt, dass dort der Streukoeffizient  $\mu_s$  mit einem Wert von  $12,3 \text{ cm}^{-1}$  dem 20 Absorptionskoeffizienten  $\mu_a$  von  $12,5 \text{ cm}^{-1}$  weitestgehend entspricht, auch wenn die Absorption dort überwiegt.

Infolge der ausgewählten Wellenlänge kommt es in und/oder an 25 der Haut zu keiner echten Reflektion, sondern zu einer Remission. Hierbei wird ein gem. Figur 2 einfallender Lichtstrahl 1 in die Haut 2 eindringen und wird der Lichtstrahl 1 aufgrund der gewählten Wellenlänge an Rayleigh-Streuern radial gestreut und, angedeutet durch die Strahlen 3, teilweise remittiert und teilweise, angedeutet 30 durch Strahlen 4, absorbiert.

Aus den die Remission darstellenden Strahlen 3 lässt sich die 35 Dichte und/oder die Dicke der Melaningranula und/oder die der Schicht in Keratinozythen eingelagerten Melanosomen herleiten und damit eine Aussage über die Wirksamkeit einer

Lichtschwiele treffen und lässt sich darauf basieren wiederum eine Schwellendosis angeben. Diese sollte deutlich unter der einer Erythembildung liegen, um eine Schädigung sicher auszuschließen.

5

So kann eine individuelle Vermessung der Absorption der erythemwirksamen UV-Strahlung in einer eine Lichtschwiele ausbildenden Schicht der Haut eines Probanden erfolgen, welcher Vermessungen dann von einer Rechnereinheit ein Schwellenwert einer UV-Bestrahlung zugeordnet werden kann, wobei die UV-Bestrahlung unmittelbar oder mittels einer Fluoreszenzphotometrie erfolgen kann.

10

Zweckmässigerweise erfolgt aus mehreren Einzelmessungen an verschiedenen Orten die Berechnung eines Mittelwerts, so dass einem Durchschnittswert der Haut ein Schwellenwert zugeordnet werden kann, gegebenenfalls auch für unterschiedlich bestrahlte Körperpartien.

15

Zur Durchführung des Messverfahrens ist eine Vorrichtung 5 nach Figur 3 vorgesehen, die dort lediglich schematisiert dargestellt ist. Die Vorrichtung 5 nach Figur 3 weist eine Messvorrichtung 6 mit einer weiter nicht dargestellten Auswertevorrichtung für die Bestimmung einer Strahlungsabsorption auf, die über einen UV-Strahler 7, gemäß Figur 4 bspw. in Form einer Diode, für die Abgabe einer UV-Strahlung und einen UV-Sensors 8 für die Aufnahme der in und/oder an der Haut remittierten UV-Strahlung verfügt. Der UV-Strahler 7 und der UV-Sensor 8 sind innerhalb eines gemeinsamen Gehäuses 9 der als Hand-Messgerät ausgelegten Vorrichtung 5 angeordnet.

20

Für die Vermessung der Haut weist die Messvorrichtung 6 bzw. die Vorrichtung 5 eine Auflagefläche 10 auf, die auf die Haut 11 eines Probanden aufgelegt wird, vergleiche Figur 4. Von

25

daher ist der UV-Strahler 7 und der UV-Sensor 8 gegenüber der Haut 11 immer korrekt positioniert.

Für den Betrieb bspw. in Sonnenstudios oder dergleichen ist 5 es ausreichend, wenn die Lichtschwielen ausbildenden Schichten der Haut in einer Tiefe von etwa 0,5 mm bis 1 mm vermesssen werden, also eine Reflektion eines Strahls auf der optischen Achse 12 des UV-Strahlers 7 und der optischen Achse 13 des UV-Sensors 8 in einer Eindringtiefe  $e$  von bis zu 1 mm 10 unterhalb der Auflagefläche 10 erfolgt.

Es kann vorgesehen sein, bspw. bei einer individuellen Vermessung sehr unterschiedlich dicker Hautschichten oder für 15 eine sensible Lichttherapie, unterschiedliche Hautschichten zu ver messen und deshalb die Eindringtiefe unterschiedlich einstellbar zu gestalten, bspw. in dem die Höhe und/oder der Abstand des UV-Strahlers 7 und des UV-Sensors 8 über der Auflagefläche 10 einstellbar ist oder der Winkel  $\alpha$  zwischen 20 den optischen Achsen 12,13, der insbesondere Werte von  $70^\circ$  bis  $110^\circ$  aufweist.

Bevorzugt wird von einer nicht dargestellten Rechnereinheit aus mehreren Messungen an der Haut mittels der Messvorrichtung 6 ein Mittelwert berechnet und diesem eine 25 Schwellendosis zugeordnet. Diese kann mittels eines Displays 14 angezeigt werden.

Zweckmäßigerweise ist jedoch in einem nicht dargestellten elektronischen Speicher in der Vorrichtung 5 oder in einem 30 externen Speicher der Anteil der erythemwirksamen UV-Strahlungsstärke einer oder mehrerer Strahlungsquellen abgespeichert und kann nach Auswahl der Strahlungsquelle die Rechnereinheit die maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis berechnen und diese auf dem Display 14 35 anzeigen.

Die Vorrichtung 5 weist hierzu weiter drei Interfaces auf, über die zum einen die individuellen Daten eines Probanden und/oder die Daten eines UV-Strahlers extern abgespeichert und wieder aufgerufen werden könnten. Darüberhinaus kann vorgesehen sein, über eins dieser Interfaces eine oder mehrere Strahlungsquellen anzusteuern, gegebenenfalls auch über einen Zentralrechner, und die berechnete maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis so vorzugeben.

10

Da Sonnenstudios vielfach Chip-Kartensysteme für die Abrechnung benutzen, kann ein solches Interface eine hier lediglich durch einen Schlitz nur angedeutete Chipkarten Lese- und Schreibvorrichtung 15 sein.

15

Von einer Kappe 16 zweckmäßigerweise überdeckt und so vor einer Verunreinigung geschützt sind für einen unmittelbaren Anschluss an einem Computer bspw. eine RS-232-Schnittstelle 17 und/oder eine USB-Schnittstelle 18 noch neben einem Resetschalter 19 vorgesehen. Kabellose Schnittstellen können gleichfalls alternativ oder zusätzlich Verwendung finden.

Zweckmäßiger als das Abspeichern von Daten einer Sonnenbank oder dergleichen nach Herstellerangaben ist es, dieselbe individuell zu vermessen, um Änderungen in der Strahlung bspw. aufgrund von Alterung, Verschmutzung oder dergleichen mehr sicher zu erfassen. Zu diesem Zweck weist die Vorrichtung 5 weiter zwei Paare von UV-Aufnehmern 20-23 noch auf, die durch die freien Enden von Lichtwellenleitern 24-27 ausgebildet werden und die jeweils in hier parallel gegenüberliegenden Gehäusewänden 28-31 des im Wesentlichen rechteckigen Gehäuses 9 derart orientiert sind, dass jeweils ein Paar von UV-Aufnehmern 20,21 bzw. 22,23 entgegengesetzt orientiert sind, wobei die jeweiligen Paare von UV-Aufnehmern 20,21 bzw. 22,23 nochmals um 90° gegeneinander verdreht sind.

30

35

So kann im Wesentlichen in einer Ebene die Strahlung über einen vollständigen Kreisbogen von 360° vermessen werden.

Das freie Ende 37 eines Lichtwellenleiters 38 kann innerhalb 5 eines Gehäuses 39 angeordnet sein, dessen Gestalt weitgehende der einer in ein Paneel einzubauenden Signallampe mit einem Kopf 40 und einem Fuß 41 mit einem Außengewinde 42 nachempfunden ist, vgl. Fig. 5. Das Gehäuse 39 nimmt weiter eine Filtermimik auf, die dem freien Ende 37 des 10 Lichtwellenleiters zugeordnet ist. Die Filtermimik besteht bei dem Ausführungsbeispiel gem. Fig. 5 aus einer von dem Kopf 40 frei vor dem Ende 37 des Lichtwellenleiters 38 gehaltene Kunststoffscheibe 43 sowie zwei weitere, auf den Lichtwellenleiter 38 aufgeschobene, von dem Fuß 41 gehaltene 15 Kunststoffscheiben 44,45, die hierzu mit zentralen, konischen Bohrungen 46,47 versehen sind. Durch diese Filtermimik erfolgt eine Reflektion des kurzwellige Anteils der remittierten Strahlung und erfährt der langwellige Anteil darüber hinaus eine verbesserte Transmission.

20 Da der Abstand der beiden UV-Aufnehmer 20,21 etwa der Höhe eines menschlichen Körpers von ca. 20 cm bis 35 cm auf einer Sonnenbank entspricht, kann in einfacher Weise die Vorrichtung 5 auf einer hierzu als ebener Boden ausgebildeten 25 Gehäusewand 29 nach Abnehmen der Kappe 16 auf der Liegefläche einer Sonnenbank verschoben werden, um bspw. mehrere Messungen über deren Länge vorzunehmen, wie zum Beispiel im Kopf-, Nacken- oder Beinbereich.

30 Die anfallende UV-Strahlung wird von den UV-Aufnehmern 20-23 aufgenommen und über die Lichtwellenleiter 24-27 einem gemeinsamen, zweiten UV-Sensor 33 zugeführt, so dass ein Mittelwert der Bestrahlungsstärke gebildet wird, wobei daran gedacht sein kann, verschiedene Meßbereiche über das 35 UV-Spektrum vorzusehen.

Die vermessene Strahlungsleistung einer Sonnenbank dient dann als Grundlage zur Berechnung der maximalen Bestrahlungsdauer, wozu diese Daten geräteintern oder auch extern abgespeichert 5 sein können, die dann über eines der Interfaces 15,17,18 aufgerufen werden können.

Es kann ferner einer Abstandsmessvorrichtung 34 noch vorgesehen sein, so dass immer der korrekte Abstand zu einer 10 Strahlungsquelle eingehalten werden kann.

Ein Temperatursensor 35 erlaubt auch unterschiedliche Temperaturen, bspw. nach langer oder kurzer Leuchtzeit eines Strahlers, zu berücksichtigen. Insbesondere erlaubt der 15 Temperatursensor 35 das Vermessen einer UV-Strahlungsquelle erst dann, wenn deren Brennwandtemperatur der Norm entspricht.

Die Stromversorgung der Vorrichtung nach der Erfindung 20 erfolgt bevorzugt über wieder aufladbare Akkumulatoren, für deren Aufladung letztlich ein Steckeranschluß 36 für ein Netzteil noch vorgesehen ist.

EW 45517 PCT

Vorrichtung und Verfahren für die Bestimmung einer zulässigen Bestrahlung der menschlichen Haut mit UV-Strahlung

5

**Ansprüche:**

1. Vorrichtung für die Bestimmung der zulässigen Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis der menschlichen Haut mit UV-Strahlung, aufweisend wenigstens einen UV-Strahler (7) für die Abgabe einer UV-Strahlung, wenigstens einen UV-Sensor (8) für die Aufnahme der in und/oder an der Haut (11) remittierten UV-Strahlung und eine Auswertevorrichtung für die Bestimmung der Strahlungsabsorption.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der UV-Strahler (7) eine UV-Strahlung abgibt, bei der ein Absorptionskoeffizient  $\mu_s$  größer oder gleich ist einem Streukoeffizient  $\mu_a$ .
3. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der UV-Strahler (7) eine UV-Strahlung einer Wellenlänge kleiner als der Durchmesser eines Zellkerns abstrahlt.
4. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der UV-Strahler (7) eine UV-Strahlung einer Wellenlänge von 345 nm bis 355 nm ausstrahlt.
5. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein UV-Strahler (7) und/oder wenigstens ein UV-Sensor (8) in einem Gehäuse (9) eines Hand-Meßgerätes angeordnet ist

10

15

20

25

30

35

bzw. sind.

6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (9) eine Auflagefläche (10) für das Auflegen auf die Haut (11) eines Probanden aufweist und dass der UV-Strahler (7) und der UV-Sensor (8) unter einem Winkel ( $\alpha$ ) zueinander angeordnet sind derart, dass eine Reflexion eines Strahls auf den optischen Achsen (12,13) des UV-Strahlers (7) und des UV-Sensors (8) in einer Eindringtiefe (e) von bis zu 1 mm unterhalb der Auflagefläche (10) erfolgt.
7. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Eindringtiefe (e) einstellbar ist.
8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die optischen Achsen (12,13) einen Winkel ( $\alpha$ ) zwischen 70° und 110° aufspannen.
9. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel ( $\alpha$ ) für eine Variation der Eindringtiefe (e) einstellbar ist.
10. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe und/oder der Abstand des UV-Strahlers (7) und des UV-Sensors (8) über der Auflagefläche (10) für eine Variation der Eindringtiefe (e) einstellbar ist.
11. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass von einer

Rechnereinheit aus mehreren Messungen ein Mittelwert gebildet wird.

12. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden  
5 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rechnereinheit einer Messung und/oder einem Mittelwert aus mehreren Messungen eine Schwellendosis zuordnet.

13. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden  
10 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem elektronischen Speicher der Anteil einer erythemwirksamen UV-Strahlungsstärke einer Strahlungsquelle abgespeichert ist und dass die Rechnereinheit die maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis berechnet.

15 14. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Interface (15,17,18) vorgesehen ist, über das Daten abgespeichert und aufgerufen werden können.

20 15. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass über das Interface wenigstens eine Strahlungsquelle angesteuert wird.

25 16. Vorrichtung, insbesondere nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gehäuse (9) zwei Paare von UV-Aufnehmern (20,21;22,23) aufweist, dass bei jedem Paar die UV-Aufnehmer (20,21;22,23) entgegengesetzt orientiert sind und dass die beiden Paare um 90° gegeneinander verdreht angeordnet sind.

30 17. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die UV-Aufnehmer

(20,21;22,23) von freien Enden von Lichtwellenleitern (24-27) ausgebildet werden.

18. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden  
5 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass einem freien Ende eines Lichtwellenleiters eine Filtermimik zugeordnet ist, durch die ein kurzwelliger Anteil der remittierten Strahlung in größerem Umfang reflektiert wird als ein langwelliger Anteil.

10

19. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Lichtwellenleiter (24-27) auf einem gemeinsamen zweiten UV-Sensor (33) enden.

15

20. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die vier Lichtwellenleiter (24-27) auf einem gemeinsamen zweiten UV-Sensor (33) enden.

20

21. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite UV-Sensor (33) eine lineare Kennlinie über das erythemwirksame Spektrum aufweist.

25

22. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche 1-19, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Sensor eine Kennlinie entsprechend des erythemwirksamen Spektrums aufweist.

30

23. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand eines Paares der UV-Meßaufnehmer (20,21) der Höhe eines menschlichen Körpers auf einer Sonnenbank entspricht.

35

24. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abstandsmeßvorrichtung (34) vorgesehen ist.

5 25. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Temperatursensor (35) vorgesehen ist.

10 26. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass durch den Temperatursensor (35) bei Erreichen einer optimalen Brennwandtemperatur einer zu vermessenden UV-Strahlungsquelle einer Sonnenbank oder dergleichen eine UV-Messung ausgelöst wird.

15 27. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine zugeordnete Datenbank zur Abspeicherung der von dem zweiten UV-Sensor (33) gemessenen Daten.

20 28. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass von der Rechnereinheit aus den individuellen Daten eines Probanden und einer UV-Strahlungsquelle die maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis berechnet wird.

25 29. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit Erreichen der maximalen Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis eine Abschaltung der UV-Strahlungsquelle erfolgt.

30 35 30. Verfahren für die Bestimmung der zulässigen Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis der menschlichen Haut mit UV-Strahlung, insbesondere mit

einer Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine individuelle Vermessung der Absorption der erythemwirksamen UV-Strahlung in einer eine Lichtschwiele ausbildenden Schicht der Haut eines Probanden und die Zuordnung eines Schwellenwertes einer UV-Bestrahlung.

5 31. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Vermessung mittels einer direkten UV-Bestrahlung erfolgt.

10 32. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Vermessung mittels einer Fluoreszenzphotometrie erfolgt.

15 33. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass aus mehreren Einzelmessungen ein Mittelwert gebildet wird.

20 34. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet das die Einzelmessungen an verschiedenen Orten erfolgen.

25 35. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einzelmessungen in verschiedenen Hauttiefen erfolgen.

30 36. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Schwellenwert und hinterlegten Daten einer UV-Strahlungsquelle eine maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis ermittelt wird.

35 37. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Daten aus

einer Vermessung der UV-Strahlungsquelle stammende  
Ist-Daten sind.

38. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden  
5 Ansprüche, gekennzeichnet durch seine Anwendung während  
einer Besonnung eines Probanden.

1/3

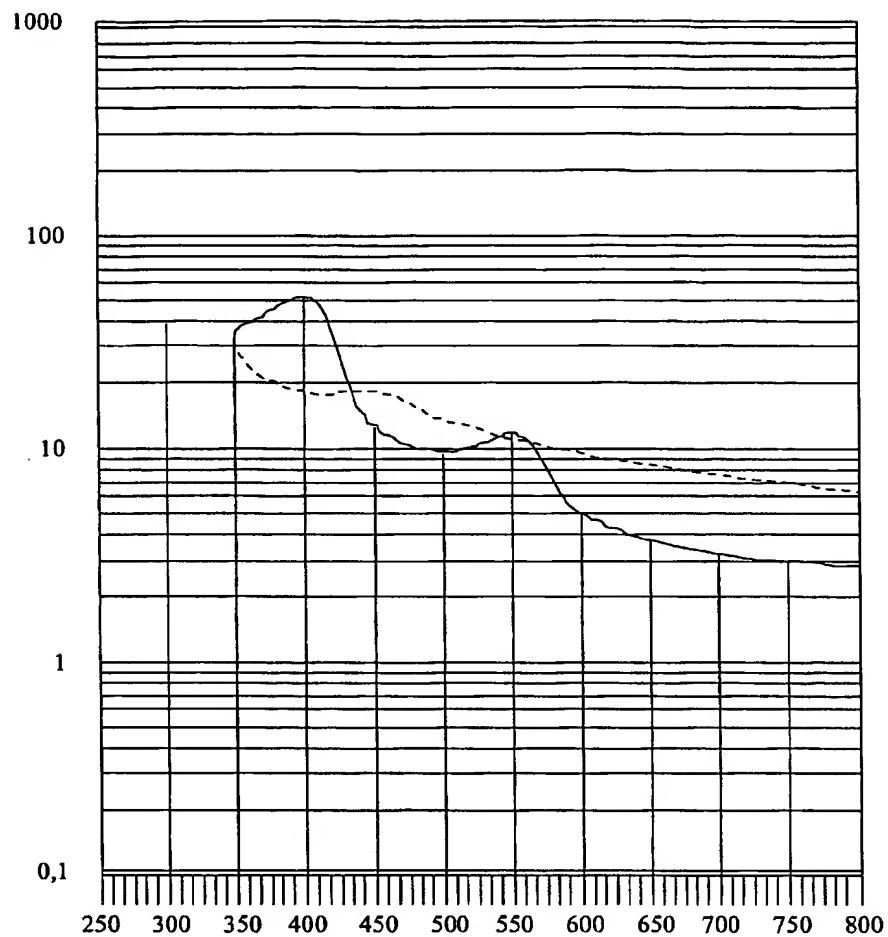


Fig. 1

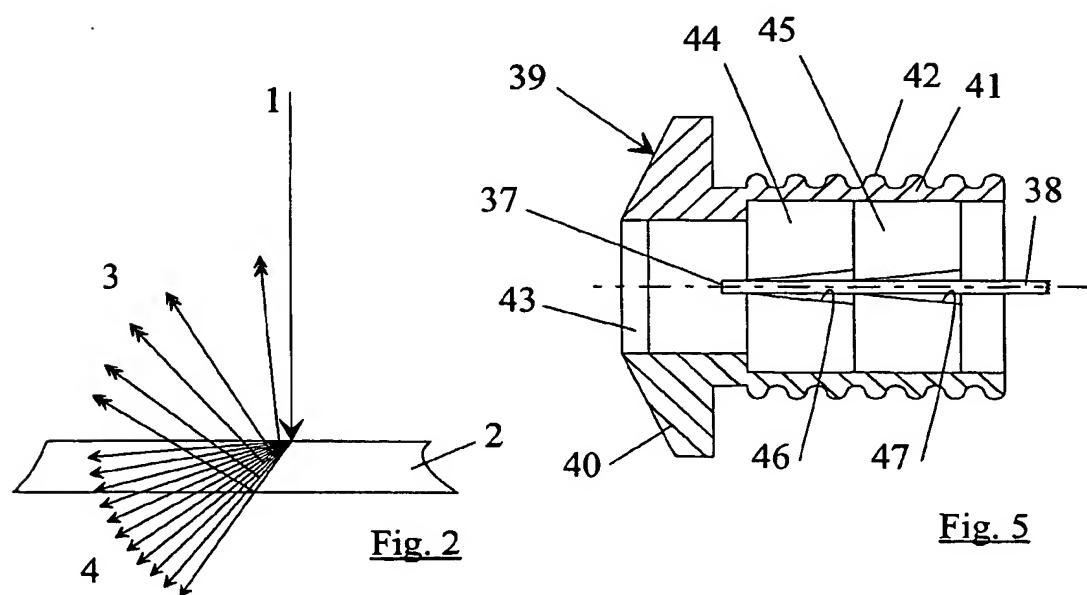
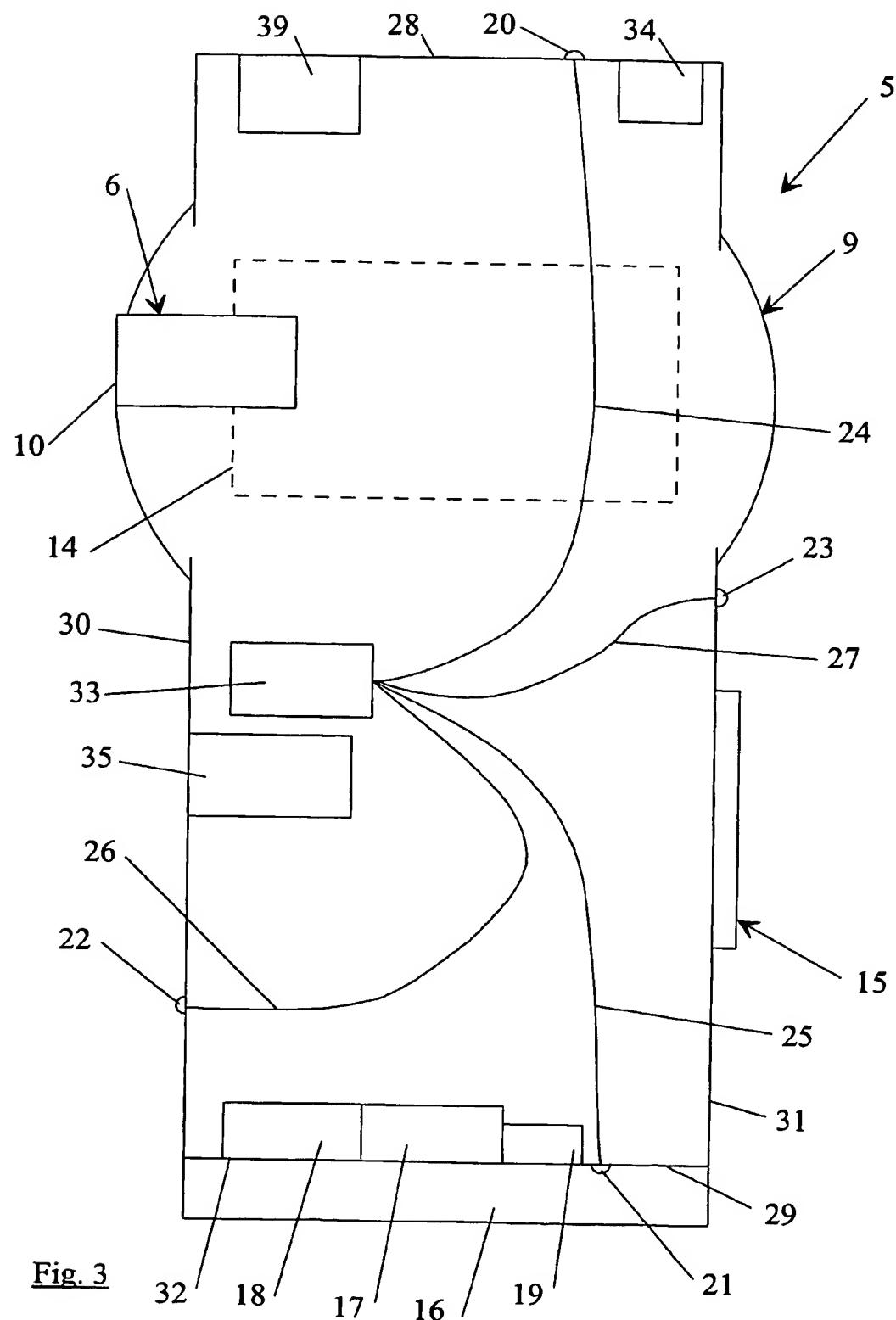


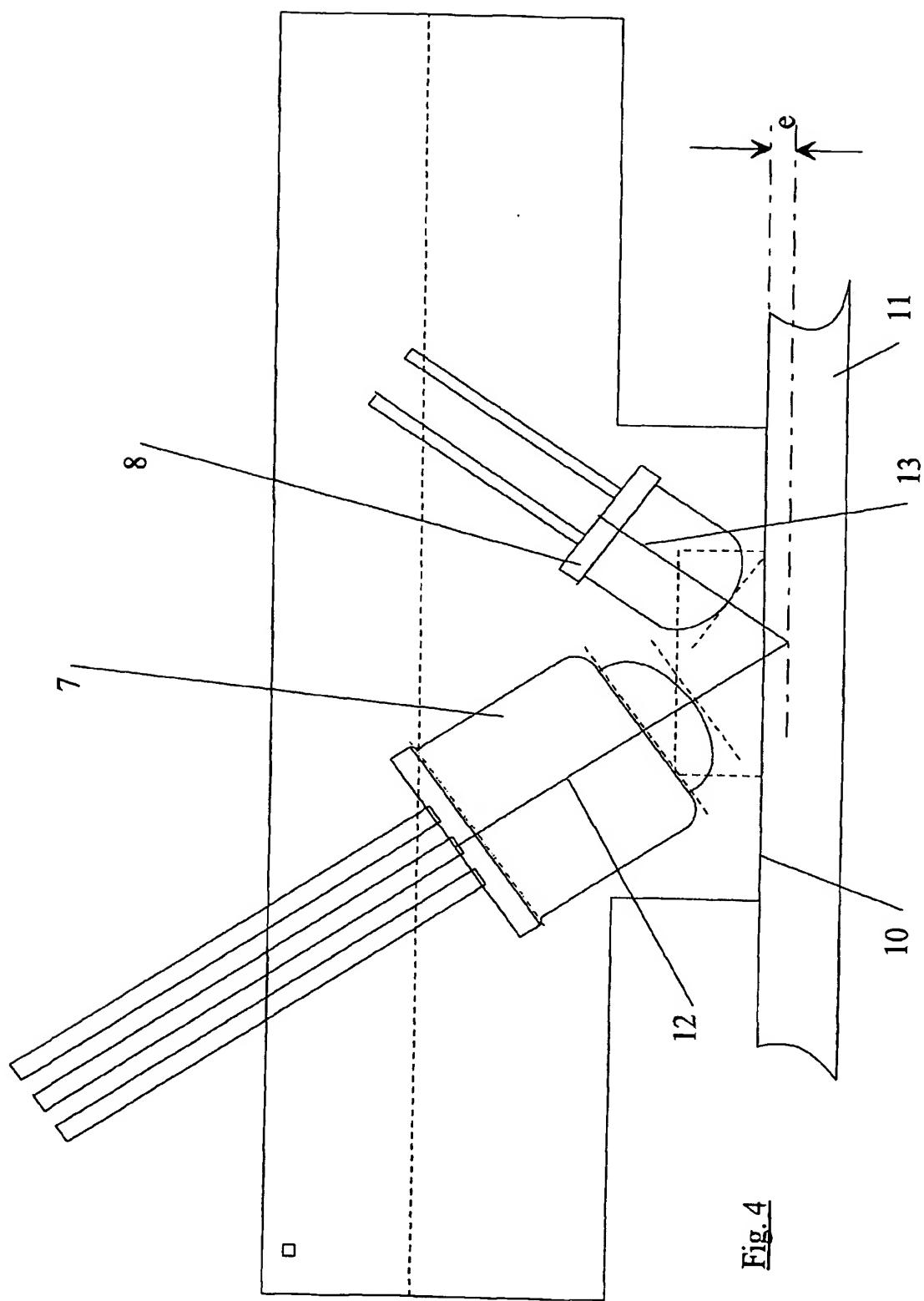
Fig. 2

Fig. 5

2/3



3/3



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE2004/001391

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 A61B5/103 A61N5/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 7 A61B A61N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 636 637 A (DE RIGAL JEAN ET AL) 10 June 1997 (1997-06-10)	1-11, 14, 15, 17
Y	column 2, lines 4-12 column 4, line 32 - column 5, line 9 column 5, line 66 - column 6, line 7 claim 1 figures 1, 4 ----- -/-	29

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*S\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 October 2004

Date of mailing of the international search report

27/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Willing, H

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE2004/001391

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 348 694 B1 (GERSHTEYN MIKHAIL ET AL) 19 February 2002 (2002-02-19)  column 3, line 66 - column 4, line 7 column 4, lines 21-42,52-59 column 7, lines 27-32 column 9, lines 17-47 column 11, lines 40-52 figures -----	1-12,14, 15,17
Y	US 4 882 598 A (WULF HANS C) 21 November 1989 (1989-11-21)	29
A	column 18, line 32 - column 20, line 18 figure 10 -----	1-28
A	WO 03/030707 A (FLYBY S R L ; SIMEONE EMILIO (IT)) 17 April 2003 (2003-04-17) abstract -----	1-29
A	WO 93/16635 A (CHROMO LIGHT APS) 2 September 1993 (1993-09-02) abstract -----	1-29

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

DE2004/001391

**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.: 30–38  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:  
**PCT Rule 39.1(iv) – method for treatment of the human or animal body by therapy.**
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
 No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

DE2004/001391

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 5636637	A	10-06-1997	FR AU AU CA EP EP EP JP JP	2719989 A1 684003 B2 2005295 A 2149600 A1 1183995 A2 1264578 A2 0682912 A1 3269750 B2 7313468 A	24-11-1995 27-11-1997 30-11-1995 21-11-1995 06-03-2002 11-12-2002 22-11-1995 02-04-2002 05-12-1995
US 6348694	B1	19-02-2002	NONE		
US 4882598	A	21-11-1989	AT DE DE DK WO EP NO	109668 T 3650024 D1 238574 T1 269887 A 8701948 A1 0238574 A1 872211 A	15-08-1994 15-09-1994 30-06-1988 25-05-1987 09-04-1987 30-09-1987 27-07-1987
WO 03030707	A	17-04-2003	IT EP WO	FI20010181 A1 1434520 A2 03030707 A2	07-04-2003 07-07-2004 17-04-2003
WO 9316635	A	02-09-1993	DE DE WO EP	69319585 D1 69319585 T2 9316635 A1 0629124 A1	13-08-1998 15-04-1999 02-09-1993 21-12-1994

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE2004/001391

A. KLASSEFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 A61B5/103 A61N5/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprästoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
IPK 7 A61B A61N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprästoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 636 637 A (DE RIGAL JEAN ET AL) 10. Juni 1997 (1997-06-10)	1-11, 14, 15, 17
Y	Spalte 2, Zeilen 4-12 Spalte 4, Zeile 32 – Spalte 5, Zeile 9 Spalte 5, Zeile 66 – Spalte 6, Zeile 7 Anspruch 1 Abbildungen 1,4 ----- -/-	29

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- &\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Oktober 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/10/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Willing, H

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE2004/001391

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 348 694 B1 (GERSHTEYN MIKHAIL ET AL) 19. Februar 2002 (2002-02-19)  Spalte 3, Zeile 66 – Spalte 4, Zeile 7 Spalte 4, Zeilen 21-42, 52-59 Spalte 7, Zeilen 27-32 Spalte 9, Zeilen 17-47 Spalte 11, Zeilen 40-52 Abbildungen -----	1-12, 14, 15, 17
Y	US 4 882 598 A (WULF HANS C) 21. November 1989 (1989-11-21)	29
A	Spalte 18, Zeile 32 – Spalte 20, Zeile 18 Abbildung 10 -----	1-28
A	WO 03/030707 A (FLYBY S R L ; SIMEONE EMILIO (IT)) 17. April 2003 (2003-04-17) Zusammenfassung -----	1-29
A	WO 93/16635 A (CHROMO LIGHT APS) 2. September 1993 (1993-09-02) Zusammenfassung -----	1-29

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE2004/001391

**Feld II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)**

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1.  Ansprüche Nr. 30–38  
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich  
**Regel 39.1(iv) PCT – Verfahren zur therapeutischen Behandlung des menschlichen oder tierischen Körpers**
2.  Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3.  Ansprüche Nr.  
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

**Feld III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)**

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

1.  Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2.  Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchengebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
3.  Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4.  Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:

**Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs**

Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.  
 Die Zahlung zusätzlicher Recherchengebühren erfolgte ohne Widerspruch.

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/001391

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5636637	A	10-06-1997		FR 2719989 A1 AU 684003 B2 AU 2005295 A CA 2149600 A1 EP 1183995 A2 EP 1264578 A2 EP 0682912 A1 JP 3269750 B2 JP 7313468 A		24-11-1995 27-11-1997 30-11-1995 21-11-1995 06-03-2002 11-12-2002 22-11-1995 02-04-2002 05-12-1995
US 6348694	B1	19-02-2002		KEINE		
US 4882598	A	21-11-1989		AT 109668 T DE 3650024 D1 DE 238574 T1 DK 269887 A WO 8701948 A1 EP 0238574 A1 NO 872211 A		15-08-1994 15-09-1994 30-06-1988 25-05-1987 09-04-1987 30-09-1987 27-07-1987
WO 03030707	A	17-04-2003		IT FI20010181 A1 EP 1434520 A2 WO 03030707 A2		07-04-2003 07-07-2004 17-04-2003
WO 9316635	A	02-09-1993		DE 69319585 D1 DE 69319585 T2 WO 9316635 A1 EP 0629124 A1		13-08-1998 15-04-1999 02-09-1993 21-12-1994